



## 12/ Düngung im Weinbau

Jean-Laurent Spring und Thibaut Verdenal  
Agroscope, 1009 Pully, Schweiz

Auskünfte: [jean-laurent.spring@agroscope.admin.ch](mailto:jean-laurent.spring@agroscope.admin.ch)



## Inhalt

1. Einführung .....	12/3
1.1 Grundsätzliches zur Düngung von Reben .....	12/3
2. Besonderheiten des Weinbaus .....	12/3
2.1 Wahl der Unterlage .....	12/3
2.2 Visuelle Beurteilung der Pflanze .....	12/3
2.3 Pflanzenanalysen .....	12/4
2.4 Bodenprofil .....	12/5
3. Nährstoffbedarf .....	12/6
3.1 Nährstoff- und physiologische Störungen .....	12/6
4. Düngungspraxis .....	12/11
4.1 Stickstoffdüngung .....	12/11
4.2 Düngung mit Phosphor, Kalium, Magnesium und Bor .....	12/12
4.3 Zufuhr organischer Substanz .....	12/13
4.4 Düngung von Jungreben .....	12/13
4.5 Blattdüngung .....	12/13
5. Literatur .....	12/15
6. Tabellenverzeichnis .....	12/16
7. Abbildungsverzeichnis .....	12/16

Vorderseite: Agroscope am Standort Pully ist auf die Weinbauforschung spezialisiert (Foto: Carole Parodi, Agroscope).

## 1. Einführung

### 1.1 Grundsätzliches zur Düngung von Reben

Das Ziel einer angepassten Düngung im Weinbau ist eine ausgeglichene Ernährung der Reben im Hinblick auf ein zügiges Wachstum und eine gute Qualität der Trauben unter gleichzeitiger Schonung der Umwelt. Die Nährstoffversorgung der Rebe hängt jedoch nicht ausschliesslich von der Düngung ab: Bodeneigenschaften, klimatische Bedingungen und Anbaumethoden spielen eine ebenso wichtige Rolle. Die Bodeneigenschaften des Standorts (Drainage, Gehalt an organischer Substanz, Strukturzustand usw.) und die Anbaumethoden (Bodenpflege, Blattfrucht-Verhältnis usw.) müssen optimal aufeinander abgestimmt werden. Nur so ist es möglich, durch die Düngung den Nährstoffgehalt des Bodens auf lange Sicht im Gleichgewicht zu halten, ohne eine Überdüngung oder Verarmung des Bodens zu riskieren.

Das Nährstoffgleichgewicht der Pflanzen ist eng mit dem Klima verknüpft: entweder durch die direkte Beeinflussung von Stoffwechselfvorgängen in der Pflanze oder durch indirekte Wirkungen auf die Nährstoffdynamik im Boden. Dieses Gleichgewicht, das sich mit einer Pflanzenanalyse bestimmen lässt, widerspiegelt somit die von der Pflanze aufgenommenen Nährstoffe bei bestimmten Klima- und Bodenbedingungen. Zwischen dem Nährstoffgehalt im Boden und dem Nährstoffgehalt in der Pflanze besteht nur ein loser Zusammenhang, weil die Verfügbarkeit und die Aufnahme der Nährstoffe von den Standortbedingungen und insbesondere dem Klima abhängen. Gute Kenntnisse der Bodeneigenschaften unter verschiedenen Klimabedingungen sind daher für das Verständnis der Pflanzenernährung unabdingbar. Es gibt vier sich ergänzende Möglichkeiten, um die Bodenfruchtbarkeit im weiteren Sinne zu erfassen:

- Visuelle Beurteilung der Pflanze zur Feststellung von Nährstoffungleichgewichten und physiologischen Störungen
- Pflanzenanalysen im Verlauf der Vegetationsperiode zur Feststellung visuell nicht erkennbarer Nährstoffstörungen
- Untersuchungen am Bodenprofil zur Beurteilung der Wurzelentwicklung, der Abfolge der Bodenhorizonte, der Bodenstruktur, der Durchlüftung und der Wasserführung
- Bodenuntersuchung zur Schätzung der verfügbaren und/oder gebundenen Nährstoffe im Boden

## 2. Besonderheiten des Weinbaus

Grundsätzlich beruhen die vorgeschlagenen Düngungsnormen für die Hauptnährstoffe Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) auf dem Ersatz der durch die Reben entzogenen Nährstoffe, die aus der Parzelle abtransportiert oder in den verholzten Teilen der Rebe gebunden sind (unter der Annahme, dass das Schnittholz auf der Parzelle verbleibt).

Die Düngungsnormen werden an den Traubenertrag angepasst. Mit Hilfe einer regelmässig wiederholten Bodenuntersuchung und einer davon abgeleiteten Korrektur der Düngungsnorm kann ein über- oder unterversorgter Boden wieder in ein Nährstoffgleichgewicht gebracht werden. Dadurch können Mangelerscheinungen und Nährstoffungleichgewichte (Antagonismen) vermieden werden, die der Kultur oder der Umwelt schaden.

Die Düngungsempfehlungen für Stickstoff (N), den wichtigsten Nährstoff für das vegetative Wachstum der Rebe, richten sich im Wesentlichen nach dem Wuchs der Rebe. Sie sind in einem Konzept eingebunden, das alle Massnahmen berücksichtigt, welche die Verfügbarkeit von N beeinflussen. In einem ersten Schritt wird die N-Versorgung der Rebe aufgrund einer visuellen Beurteilung des N-Ernährungszustandes abgeschätzt. Diese Beurteilung wird dann allenfalls durch Pflanzenanalysen ergänzt. Bei einem Nährstoffungleichgewicht wird in einem zweiten Schritt ein Entscheidungsschema angewendet, das nicht nur die N-Düngung, sondern auch andere stickstoffrelevante Faktoren wie zum Beispiel die Bodenpflege berücksichtigt.

### 2.1 Wahl der Unterlage

Bei einer Remontierung stellt sich die Frage nach der Wahl einer geeigneten Unterlage. Die Unterlage beeinflusst die Wuchskraft, die Widerstandskraft gegenüber Trockenheit oder gegenüber vorübergehendem Wasserüberschuss, aber auch die Fähigkeit zur Aufnahme spezifischer Nährstoffe. Die Aufnahme von Eisen und die Empfindlichkeit gegenüber einer Eisenchlorose wird sehr stark von der Unterlage beeinflusst sowie von verschiedenen Faktoren im Zusammenhang mit der Bodenart, dem Klima und bestimmten Anbauparametern (Tabelle 6). Der Kalkgehalt des Bodens und insbesondere der Gehalt an Aktivkalk spielen eine zentrale Rolle. Der Aktivkalk ist der Anteil des Gesamtkalks, der aus feinen Kalkteilchen in der Grösse von Ton- oder Schluffpartikeln besteht. Er wird als Aktivkalk bezeichnet, weil diese feinen Kalkteilchen bei gleichem Gewicht eine deutlich grössere Oberfläche zur Neutralisierung von Säuren im Boden haben als die gröberen Bodenbestandteile. In der internationalen Literatur beruht die Wahl der Unterlage teilweise auf dem Gehalt an Aktivkalk. Die Bestimmung des Aktivkalkes im Unterboden vor einer Remontierung wird nur empfohlen für Böden mit einem Gesamtkalkgehalt von über 10%. In Tabelle 1 sind die Schwellenwerte des Gesamtkalk- und des Aktivkalkgehalts für die wichtigsten in der Schweiz verwendeten Unterlagen aufgeführt.

### 2.2 Visuelle Beurteilung der Pflanze

Wuchskraft, Entwicklung der Trauben und Blattfarbe können Hinweise auf die Funktionsfähigkeit der Wurzeln geben. Für das Erkennen von Nährstoffungleichgewichten sind die entsprechenden Symptome sowie deren zeitliche und örtliche Verteilung in der Parzelle oder Region von Bedeutung (Kapitel 2.4). Besondere Witterungsverhältnisse können das Auftreten von Fehl- oder Mangelernährungssymptomen ebenfalls erklären.

**Tabelle 1 | Resistenz gegenüber Eisenchlorose in Abhängigkeit des Gehalts des Bodens an Gesamt- und Aktivkalk.**

Unterlage		Gesamtkalk (%)	Aktivkalk (%)
<i>Vitis riparia</i>	Riparia gloire de Montpellier	0–15	0–6
<i>V. riparia</i> x <i>V. rupestris</i>	3309 (Couderc)	0–22	0–11
	101-14 (Millardet und de Grasset)	0–20	0–9
<i>V. riparia</i> x <i>V. berlandieri</i>	5 BB (Kober)	0–40	0–20
	5 C (Téleki)	0–40	0–20
	SO4 (Sél. Oppenheim)	0–35	0–18
	125 AA (Kober)	0–35	0–13
	420 A (Millardet und de Grasset)	0–40	0–20
	161-49 (Couderc)	0–50	0–25
<i>V. berlandieri</i> x <i>V. rupestris</i>	1103 (Paulsen)	0–30	0–17
<i>V. vinifera</i> x <i>V. berlandieri</i>	41B (Millardet und de Grasset)	> 50	0–40
( <i>V. berlandieri</i> x <i>V. vinifera</i> ) x ( <i>V. berlandieri</i> x <i>V. longii</i> )	Fercal	> 60	> 40
161-49 C x 3309 C	Gravesac	0–15	0–6

## 2.3 Pflanzenanalysen

Verschiedene analytische Untersuchungsmethoden ergänzen bzw. bestätigen die visuelle Beurteilung der Rebe.

### 2.3.1 Blattanalyse

Mit Hilfe der Blattanalyse kann die Nährstoffversorgung der Rebe im Verlauf der Vegetationsperiode überwacht werden. Die Blattanalyse ist in der Praxis noch wenig verbreitet. Sie ergänzt die anderen Untersuchungsmethoden und kann für sich allein nicht für die Erstellung eines Düngungsplanes genutzt werden. Meist wird der Gehalt an N, P, K, Ca und Mg bestimmt. Zusätzlich können weitere Nährstoffe und insbesondere Spurenelemente wie Bor (B),

Mangan (Mn), Eisen (Fe) und Zink (Zn) analysiert werden. Die Entnahme der Blattproben erfolgt in der Regel zu Beginn des Farbumschlages der Beeren. Proben können auch ausserhalb dieses Zeitraums untersucht werden, dann ist die Interpretation der Ergebnisse allerdings schwieriger. Es werden rund 25 ausgewachsene Blätter (mit den Blattstielen) gleichmässig verteilt an den Haupttrieben auf der Höhe der Trauben entnommen. Es werden nur gesunde Blätter ohne jegliche Nekrosen ausgewählt und unverzüglich ins Labor geschickt. Mit der Blattanalyse können latente Mangelzustände und Antagonismen zwischen Nährstoffen nachgewiesen werden. Sie ergänzt damit die Beobachtungen am Bodenprofil und die Ergebnisse der Bodenanalyse. Referenzwerte aus der Literatur oder Vergleichsproben aus gesunden Parzellen werden für die In-

**Tabelle 2 | Referenzwerte (in % der Trockenmasse) für die Blattanalyse im Weinbau zu Beginn des Weichwerdens.**

Die Angaben stammen aus dem Untersuchungsnetz der französischen Schweiz und dem Tessin während der Jahre 1976 bis 2000. Für die Beurteilung werden fünf Klassen unterschieden; die Klassen «schwach» und «hoch» sind in der Tabelle nicht aufgeführt und liegen zwischen den angegebenen Klassen.

Rebsorte		Chasselas	Pinot noir	Gamay	Merlot
N	sehr schwach	< 1,74	< 1,93	< 1,74	< 1,85
	gut	1,93–2,31	2,08–2,38	1,93–2,31	1,98–2,24
	sehr hoch	> 2,50	> 2,53	> 2,50	> 2,37
P	sehr schwach	< 0,15	< 0,18	< 0,18	< 0,13
	gut	0,17–0,20	0,20–0,23	0,21–0,27	0,14–0,18
	sehr hoch	> 0,22	> 0,25	> 0,30	> 0,19
K	sehr schwach	< 1,38	< 1,45	< 1,05	< 1,95
	gut	1,56–1,92	1,59–1,87	1,24–1,62	2,10–2,40
	sehr hoch	> 2,10	> 2,01	> 1,82	> 2,55
Ca	sehr schwach	< 2,07	< 2,24	< 3,07	< 1,47
	gut	1,49–3,33	2,66–3,51	3,42–4,14	1,64–2,00
	sehr hoch	> 3,75	> 3,94	> 4,49	> 2,17
Mg	sehr schwach	< 0,15	< 0,16	< 0,15	< 0,18
	gut	0,19–0,27	0,20–0,29	0,21–0,34	0,20–0,24
	sehr hoch	> 0,31	> 0,33	> 0,40	> 0,27

terpretation der Ergebnisse benötigt. Agroscope verfügt seit 1976 über eine Datensammlung für die Sorten Chasselas, Gamay, Pinot noir und Merlot. Die Referenzwerte finden sich in Tabelle 2. Über allfällig verfügbare Referenzwerte für andere Sorten kann das Labor Sol-Conseil in Gland Auskunft geben.

### 2.3.2 Chlorophyllindex

Der Chlorophyllindex der Blätter wird auf dem Feld mit Hilfe eines tragbaren Geräts bestimmt (N-Tester, Yara International, Paris). Gemessen wird die Intensität der grünen Farbe der Blätter. Die Methode erlaubt eine recht zuverlässige Bestimmung der Stickstoffversorgung der Pflanze; dies allerdings nur unter der Voraussetzung, dass die Pflanze keine verdeckten oder sichtbaren Mangelscheinungen (insbesondere Fe-Chlorosen oder Mg-Mangel) aufweist, welche die Blattfarbe stark beeinflussen können. Bei kranken, von Schädlingen verfärbten, verschmutzten oder durch Pflanzenbehandlungsmittel verunreinigten, vertrockneten oder durch Sonnenbrand geschädigten Blättern wird die Messung des Blattchlorophyllindex ebenfalls nicht empfohlen. Die Messung erfolgt am besten zu Beginn des Farbumschlages der Beeren an gesunden ganzen Blättern in der Traubenzone (mindestens vier Messungen von 30 Blättern in einer als ausgeglichen beurteilten Parzelle). Für Chasselas, Pinot noir und Gamay stehen Schwellenwerte für die Interpretation von Messungen zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung (Spring und Jelmini 2002; Tabelle 3). Von Messungen zu einem früheren Zeitpunkt wird abgeraten.

**Tabelle 3 | Beurteilung des Chlorophyll-Indexes der Blätter zum Zeitpunkt des Weichwerdens gemessen mit dem N-Tester.**  
(Voll entwickelte Blätter in der Traubenzone; Spring und Jelmini 2002)

Beurteilung der Stickstoffversorgung	Index N-Tester		
	Chasselas	Pinot noir	Gamay
sehr schwach	< 420	< 460	< 380
schwach	420–460	460–500	380–430
normal	460–540	500–580	430–530
hoch	540–570	580–620	530–580
sehr hoch	> 570	> 620	> 580

### 2.3.3 Assimilierbarer Stickstoff

Der von den Hefen assimilierbare N im Traubenmost ist für den guten Ablauf der Alkoholgärung entscheidend. Dieser N ist auch die Quelle für Vorstufen von Aromakomponenten der Weine. Der hefeverwertbare N besteht hauptsächlich aus Aminosäuren und Ammonium; sein Anteil am Gesamt-N in den Beeren kann zwischen 25 und 40 % liegen. Die Konzentrationen im Traubenmost schwanken stark je nach Bedingungen (Boden, Klima, Blatt-Frucht-Verhältnis, Sorte, Unterlage und Kulturmassnahmen). Die in mg N/L ausgedrückten Konzentrationen werden normalerweise anhand von Proben des Traubenmosts bestimmt, die unmittelbar nach dem Maischen entnommen werden. Der assimilierbare N kann auch mit dem Formol-Index dar-

gestellt werden (Aerny 1996). Traubenmoste mit N-Mangel ergeben im Allgemeinen Weine, die weniger aromatisch, adstringierender und bitterer sind. Je nach Rebsorte gelten andere Schwellenwerte für den assimilierbaren N. Bei weissen Rebsorten wie zum Beispiel Chasselas (oder roten Rebsorten, die zu Roséweinen gekeltert werden) wird im Allgemeinen angenommen, dass eine Minimalkonzentration des verwertbaren N von 140 mg N/l (Formol-Index 10) und idealerweise eine Konzentration von 200 mg N/l (Formol-Index 14) zu einer erfolgreichen Weinbereitung beiträgt (Tabelle 4). Bei roten Rebsorten sind die Auswirkungen geringer N-Konzentrationen im Weinlesegut weniger ausgeprägt.

**Tabelle 4 | Schwellenwerte für die Anfälligkeit von Chasselas.**

	Starker Mangel	Moderater Mangel	Optimaler Wert
Assimilierbarer Stickstoff (mg N/l)	< 140	140–200	200
Formol-Index	< 10	10–14	14

Da sich die Menge des assimilierbaren N im Verlauf der Reifung normalerweise nur wenig verändert, liefert eine frühzeitige Bestimmung bei repräsentativen Stichproben von Beeren zu Beginn des Farbumschlages wertvolle Informationen, die eine mögliche Korrektur durch die Düngung mit Blattharnstoff erlauben (Kapitel 4.1). Damit die Ergebnisse repräsentativ sind, ist der Probenahme besondere Beachtung zu schenken (Entnahme von mindestens 200 Beeren, verteilt über den ganzen untersuchten Bereich, mit höchstens einer Beere pro Stock, aus unterschiedlichen Traubenteilen).

## 2.4 Bodenprofil

Das Bodenprofil ist ein unverzichtbares Werkzeug zur Beschreibung bestimmter Bodeneigenschaften:

- Abfolge der Horizonte und nutzbare Tiefe
- Volumen des Skelettanteils
- Zustand und Stabilität der Struktur
- Porosität und Kompaktheit
- biologische Aktivität
- Durchwurzelung der Rebe

Diese Eigenschaften bestimmen die dynamische Verfügbarkeit des Wassers und der Nährstoffe. Sie sind für das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Boden und Pflanze wichtig. Die nutzbare Feldkapazität (nFK) lässt sich aufgrund von Textur, Skelettanteil, Bodentiefe und Durchwurzelung der Rebe schätzen. Die Beurteilung des Bodenprofils ist unabdingbar, um Entscheide zu treffen bezüglich:

- Notwendigkeit einer Drainage (vorübergehender Wasserüberschuss)
- Bedarf einer Bewässerung (nFK unter 100 mm)
- Tiefe der Bodenbearbeitung (Lockerung, Terrassierung)
- Bodenpflegemassnahmen (Volumen der nFK)

- Wahl der Unterlage (Kalkgehalt, durch den Boden ermöglichte Wuchsstärke)
- Wahl der Rebsorte (in Abhängigkeit der Wasserreserve und spezifischer Anforderungen der betreffenden Rebsorte)
- Ausbringung von Düngern und Bodenverbesserungsmitteln

Die Beurteilung des Bodenprofils empfiehlt sich insbesondere bei Wachstumsverzögerungen unbekannter Ursache und bei grösseren Erdbewegungen. Die für die Bodenprofilaufnahme gewählte Stelle sollte für den untersuchten Bereich (Parzelle oder homogener Bereich einer Parzelle) repräsentativ sein. Idealerweise erfolgt die Aufnahme in einem Abstand von 20 bis 60 cm vom Rebstock, damit die Durchwurzelung gut beschrieben werden kann. Als Grundlage für die Düngung und die Wahl der Unterlage sollten physikalische und chemische Untersuchungen des Bodens bei repräsentativen Proben der Parzelle durchgeführt werden.

### 3. Nährstoffbedarf

Der Nährstoffbedarf der Reben (Düngungsnormen) wird so festgelegt, dass auf einem mit Nährstoffen genügend versorgten Boden ein optimales Wachstum möglich ist. In Tabelle 5 ist die Nährstoffaufnahme über ein Jahr für einen Traubenertrag von 1,2 kg/m<sup>2</sup> gemäss Daten von Löhnertz (1988) dargestellt. Es wird davon ausgegangen, dass Blätter und Schnittholz auf der Parzelle belassen werden.

Für P, K und Mg besteht die Strategie darin, einen ausreichenden Nährstoffgehalt des Bodens sicherzustellen, indem die aus der Parzelle abgeführten Nährstoffe ersetzt und Nährstoffungleichgewichte vermieden werden, welche die Ernährung der Reben stören können (Luxuskonsum, Antagonismen).

N ist der wichtigste Nährstoff für den Metabolismus der Reben. Ein Überschuss hat genauso wie ein Mangel bedeutende physiologische Folgen für den Wuchs, die Reifung der Beeren und die Empfindlichkeit gegenüber Pilzkrankheiten; er führt oft zu Qualitätseinbussen beim Wein (Maigre *et al.* 1995). Der N-Bedarf der Reben ist relativ bescheiden, aber auf einen ziemlich kurzen Entwicklungszeitraum konzentriert (Abbildung 1). Vom Austrieb bis zum 5- bis 6-Blatt-Stadium wird N hauptsächlich aus den

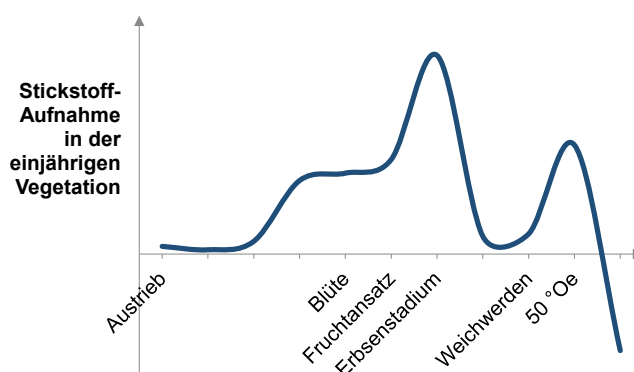


Abbildung 1 | Intensität der Stickstoffaufnahme der Rebe im Verlauf der Vegetationsperiode (Schnittholz, Blätter, Trauben; gemäss Löhnertz 1988).

Reserven im alten Holz und den Wurzeln in die sich neu bildenden Organe verlagert. Das erste und grösste Maximum der Aufnahme von N liegt unmittelbar nach der Blüte. Ein zweites Absorptionsmaximum wird gerade nach dem Farbumschlag der Beeren erreicht. Vor dem Blattfall am Ende der Vegetationsperiode verlagert sich ein Teil des aufgenommenen N wieder zurück in die verholzenden Speicherorgane. Die N-Versorgung der Rebe wird stark durch die Boden- und Klimabedingungen geprägt. Der Jahrgang hat ebenfalls einen oft sehr grossen Einfluss auf den Gehalt an assimilierbarem N im Traubenmost. Entscheidend für eine gute N-Versorgung sind bei der Neuanlage die Wahl einer Rebsorte und einer Unterlage, die an die gegebenen regionalen Boden- und Klimabedingungen angepasst sind, sowie eine geeignete Bodenpflege.

#### 3.1 Nährstoff- und physiologische Störungen

Verschiedene Nährstoffstörungen, hervorgerufen durch Nährstoffmangel oder -überschuss, ungünstige Eigenschaften des Klimas und des Bodens sowie des Zustands der Rebe äussern sich in besonderen Symptomen. Ergänzende Untersuchungen können notwendig sein, um die Ursache der Störung genau abzuklären und entsprechende Abhilfemassnahmen zu ergreifen. In Tabelle 6 sind die wichtigsten Nährstoff- und physiologischen Störungen der Weinrebe dargestellt. Es werden mögliche Ursachen und geeignete Massnahmen beschrieben. Die Anwendung von Blattdüngern soll sich auf klar erkannte Mangelsituationen oder auf Fälle mit offensichtlichem oder wiederkehrendem Risiko für die Entwicklung der Reben beschränken.

Tabelle 5 | Nährstoffaufnahme durch Riesling nach Löhnertz (1988). Nährstoffentzug der Trauben korrigiert auf einen Ertrag von 1,2 kg/m<sup>2</sup>.

Rebenorgane	Nährstoffe in kg/ha/Jahr			
	N	P	K	Mg
Altholz	27	5	17	3
Trauben	23	4	42	2
Summe Entzug und Festlegung	50	9	59	5
Schnittholz	5	1	10	1
Blätter	37	3	17	4
Gesamte Nährstoffaufnahme	92	13	86	10



Tabelle 6 | Wichtigste Nährstoff- und physiologische Störungen der Rebe.



Stickstoffmangel	Stickstoffüberschuss
	
<b>Symptome</b>	<b>Symptome</b>
<p><b>Blätter:</b> hellgrün, später gelb; betroffen sind auch die Blattnerven  <b>Stiele:</b> können rot werden  <b>Schosse:</b> Wuchsstärke vermindert  <b>Trauben:</b> verrieseln  <b>Ausdehnung:</b> auf die ganze Parzelle verteilt mit einzelnen, stärker betroffenen Stellen  <b>Auftreten:</b> im Allgemeinen kurz vor der Blüte</p>	<p><b>Blätter:</b> grosse, dunkelgrüne Blätter  <b>Schosse:</b> starker Wuchs, verspäteter Triebabschluss  <b>Trauben:</b> kompakt, anfällig auf Botrytis, in Extremfällen Verrieseln, Stiellähme  <b>Ausdehnung:</b> auf die ganze Parzelle verteilt mit einzelnen, stärker betroffenen Stellen</p>
<b>Mögliche Gründe</b>	<b>Mögliche Gründe</b>
<p><b>Düngung:</b> ungenügend, zu wenig organische Substanz  <b>Klima:</b> zu viel Wasser, Kälte, Trockenheit  <b>Bodenpflege:</b> Konkurrenz durch Einsaat, Verdichtung, Bodenverbesserungsmittel mit weitem Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis</p>	<p><b>Düngung:</b> übermässig  <b>Klima:</b> begünstigt die Mineralisierung der organischen Substanz  <b>Boden:</b> zu viel organische Substanz, Bodenbearbeitung, Kalkung auf sauren Böden</p>
<b>Ergänzende Untersuchungen</b>	<b>Ergänzende Untersuchungen</b>
<p><b>Bodenuntersuchung:</b> Körnung, organische Substanz, pH  <b>Blattanalyse</b>  <b>Moststickstoff</b>  <b>Chlorophyll-Index</b> der Blätter (N-Tester)  <b>Bodenprofil:</b> Bodenstruktur, Verrottungsgrad der organischen Substanz, Wasserhaushalt</p>	<p><b>Bodenuntersuchung:</b> Körnung, organische Substanz, pH  <b>Blattanalyse</b>  <b>Chlorophyll-Index</b> der Blätter (N-Tester)  <b>Bodenprofil:</b> Bodenstruktur, Wasserhaushalt</p>
<b>Massnahmen</b>	<b>Massnahmen</b>
<p><b>kurzfristig:</b>  Blattdüngung: Harnstoff, Kaliumnitrat oder spezielle Handelsprodukte  Bodendüngung: Kalkstickstoff  <b>langfristig:</b>  Bodenpflege: Konkurrenz der Einsaat vermindern, N-Düngung auf die Rebenreihe konzentrieren. Düngungsplan mineralische Dünger, organische Dünger, Bodendurchlüftung, Drainage, Bewässerung</p>	<p><b>langfristig:</b>  keine mineralischen und organischen N-Dünger, Einsaat</p>

Tabelle 6 | Wichtigste Nährstoff- und physiologische Störungen der Rebe (Fortsetzung).



Kaliummangel	Magnesiummangel
	
<b>Symptome</b>	<b>Symptome</b>
<p><b>Blätter:</b> zuerst Verfärbung, dann braune Blattränder, zu Beginn glänzende Farbe, Blattrollen, Braunwerden im Herbst, Symptome zuerst auf den jungen Blättern</p> <p><b>Pflanze:</b> anfällig auf Trockenheit, Zuckereinlagerung in die Beeren verzögert</p> <p><b>Ausdehnung:</b> auf die ganze Parzelle verteilt mit einzelnen, stärker betroffenen Stellen</p> <p><b>Auftreten:</b> bei der Blüte</p>	<p><b>Blätter:</b> die Verfärbungen treten vorwiegend bei den unteren Blättern auf</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- weisse Sorten: Interkostalfelder werden gelb</li> <li>- rote Sorten: Interkostalfelder werden rot</li> </ul> <p><b>Ausdehnung:</b> auf die ganze Parzelle verteilt, besonders junge Reben betroffen</p> <p><b>Auftreten:</b> im Allgemeinen ab Ende Juli / Anfang August, bei starkem Auftreten auch früher</p>
<b>Mögliche Gründe</b>	<b>Mögliche Gründe</b>
<p><b>Düngung:</b> ungenügend</p> <p><b>Boden:</b> sehr tonhaltig (Verdichtung), leicht (Auswaschung), nach grossen Erdbewegungen, Neuanlage nach Weide</p>	<p><b>Düngung:</b> zu wenig Mg und/oder zu viel K (Antagonismus), N-Düngung in Ammoniumform</p> <p><b>Klima:</b> nasse Jahre</p> <p><b>Blatt/Frucht-Verhältnis:</b> unausgeglichen, Sorte- bzw. Unterlageempfindlichkeit</p> <p><b>Durchwurzelung:</b> Boden und Bodenpflege begünstigen ein oberflächliches Wurzelwerk in den Bodenhorizonten mit hohem K-Gehalt</p>
<b>Ergänzende Untersuchungen</b>	<b>Ergänzende Untersuchungen</b>
<p><b>Bodenuntersuchung:</b> KUK (Kationenumtauschkapazität), Körnung, K</p> <p><b>Blattanalyse</b></p>	<p><b>Bodenuntersuchung:</b> K, Mg</p> <p><b>Blattanalyse</b></p> <p><b>Bodenprofil:</b> Durchwurzelung</p>
<b>Massnahmen</b>	<b>Massnahmen</b>
<p><b>kurzfristig:</b></p> <p>Blattdüngung: Kaliumnitrat oder spezielle Handelsprodukte</p> <p>Bodendüngung: Kaliumsulfat oder andere leicht lösliche Dünger (Lanzendüngung)</p> <p><b>langfristig:</b></p> <p>Bodendüngung: Düngungsplan mineralische Dünger</p>	<p><b>kurzfristig:</b></p> <p>Blattdüngung: Magnesiumsulfat oder spezielle Handelsprodukte, mehrfache Applikation</p> <p><b>langfristig:</b></p> <p>Blattdüngung: Magnesiumsulfat oder spezielle Handelsprodukte, mehrfache Applikation</p> <p>Bodendüngung: K und Mg beachten</p> <p>Pflanze: Ertrag beschränken, Unterlage anpassen</p>



Tabelle 6 | Wichtigste Nährstoff- und physiologische Störungen der Rebe (Fortsetzung).





Bormangel	Eisenmangel
	
Symptome	Symptome
<p><b>N.B.:</b> die Überschuss-Symptome sind kaum von den Mangelsymptomen zu unterscheiden</p> <p><b>Blätter:</b> deformiert, kleine blasenförmige Auswüchse, mosaikartige Gelbverfärbung</p> <p><b>Schosse:</b> Wuchsstärke vermindert, kurze Internodien, Symptome vorwiegend auf den jungen Haupttrieben</p> <p><b>Trauben:</b> starkes Verrieseln, Missbildungen</p> <p><b>Ausdehnung:</b> oft auf die ganze Parzelle verteilt mit einzelnen, stärker betroffenen Stellen</p> <p><b>Auftreten:</b> im Allgemeinen schon vor der Blüte</p>	<p><b>Blätter:</b> hellgrün bis gelb, die Blattnerven sind nicht betroffen, Nekrosen bei starkem Auftreten</p> <p><b>Schosse:</b> Wuchsstärke vermindert, Chlorose tritt vor allem bei jungen Blättern und/oder an der Triebspitze auf</p> <p><b>Trauben:</b> klein, gelblich, verrieseln</p> <p><b>Stock:</b> Absterben bei sehr starkem Befall</p> <p><b>Ausdehnung:</b> in der Regel lokal auftretend</p>
Mögliche Gründe	Mögliche Gründe
<p><b>Düngung:</b> übermässig, hohe Kalkgabe</p> <p><b>Klima:</b> Trockenheit</p> <p><b>Boden:</b> leicht, durchlässig (Auswaschung), kalkhaltig (Festlegung). Bei Neuanlagen auf ehemaligen Weiden treten oft B- und K-Mangel gleichzeitig auf</p>	<p><b>Blatt/Frucht-Verhältnis:</b> im Vorjahr unausgeglichen, ungeeignete Unterlage</p> <p><b>Klima:</b> Staunässe, Kälte</p> <p><b>Boden:</b> kalkhaltig, verdichtet</p> <p><b>Bodenpflege:</b> Verdichtung, Bodenbearbeitung, Bodenverbesserungsmittel zu wenig abgebaut und eingearbeitet</p> <p><b>N.B.:</b> Fe-Mangel ist fast nie auf einen ungenügenden Fe-Gehalt des Bodens zurückzuführen</p>
Ergänzende Untersuchungen	Ergänzende Untersuchungen
<p><b>Bodenuntersuchung:</b> B, Totalkalk, pH</p> <p><b>Blattanalyse</b></p>	<p><b>Bodenuntersuchung:</b> Körnung, organische Substanz, pH, Totalkalk, Aktivkalk</p> <p><b>Bodenprofil:</b> Bodenstruktur, Verrottungsgrad der organischen Substanz, Wasserhaushalt</p> <p><b>Pflanze:</b> Wuchs und Ertrag der Vorjahre</p>
Massnahmen	Massnahmen
<p><b>kurzfristig:</b></p> <p>Blattdüngung: spezielle Handelsprodukte</p> <p>Bodendüngung (sofern eine Bewässerung während Trockenperioden möglich ist)</p> <p><b>langfristig:</b></p> <p>Bodendüngung: Düngungsplan mineralische und organische Dünger, Vorsicht bei der Kalkung</p>	<p><b>kurzfristig:</b></p> <p>Blattdüngung: spezielle Handelsprodukte, Wirkung unsicher</p> <p>Bodendüngung: Eisenchelate (Lanzendüngung v. a. in schweren Böden)</p> <p>Pflanze: Ausdünnung</p> <p><b>langfristig:</b></p> <p>Bodendüngung: Eisenchelate (Lanzendüngung v. a. in schweren Böden)</p> <p>Bodenpflege: Bodendurchlüftung, Begrünung, Drainage</p> <p>Pflanze: ausgeglichenes Blatt/Frucht-Verhältnis, Unterlage anpassen</p>

Tabelle 6 | Wichtigste Nährstoff- und physiologische Störungen der Rebe (Fortsetzung).

Stiellähme	Traubenwelke
	
<p align="center"><b>Symptome</b></p>	<p align="center"><b>Symptome</b></p>
<p><b>Trauben:</b> teilweises oder vollständiges Verdorren des Traubengerüstes, die betroffenen Traubenpartien reifen unregelmässig</p> <p><b>Auftreten:</b> kurz nach dem Weichwerden</p>	<p><b>Trauben:</b> unterbrochene Traubenreifung, manchmal welke Beeren, Trauben am äusseren Ende empfindlicher, kein Verdorren des Traubengerüstes</p> <p><b>Auftreten:</b> kurz nach dem Weichwerden</p>
<p align="center"><b>Mögliche Gründe</b></p>	<p align="center"><b>Mögliche Gründe</b></p>
<p><b>Düngung:</b> übermässige N- und/oder K-Düngung, Mg-Mangel</p> <p><b>Klima:</b> nass, starke Witterungsunterschiede</p> <p><b>Pflanze:</b> starker Wuchs, Ungleichgewicht bei der Aufnahme der Kationen (K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)</p> <p><b>Sorten:</b> starke Sortenabhängigkeit (z. B. Chasselas sehr anfällig, Pinot noir weniger anfällig)</p> <p><b>Unterlage:</b> verminderte Mg-Aufnahme, Wuchskraft begünstigt</p>	<p><b>Düngung:</b> übermässige N-Düngung und übermässige Bewässerung</p> <p><b>Klima:</b> nass, stark schwankende Witterung</p> <p><b>Pflanze:</b> starker Wuchs, hohe Wasserverfügbarkeit, Gefässsystem beeinträchtigt (Phloem-Xylem)</p> <p><b>Sorten:</b> starke Sortenabhängigkeit (Cabernets, Gamay, Chasselas, Humagne rouge anfällig)</p> <p><b>Boden:</b> hohe Wasserreserven, gute Nährstoffversorgung</p>
<p align="center"><b>Ergänzende Untersuchungen</b></p>	<p align="center"><b>Ergänzende Untersuchungen</b></p>
<p><b>Bodenuntersuchung:</b> K, Mg</p> <p><b>Blattanalyse</b></p>	<p><b>Bodenprofil:</b> Schätzung der nutzbaren Wasserreserven</p>
<p align="center"><b>Massnahmen</b></p>	<p align="center"><b>Massnahmen</b></p>
<p><b>kurzfristig:</b></p> <p>Blattdüngung: zweimalige Applikation von Bittersalz oder speziellen Handelsprodukten beim Weichwerden in einem Intervall von zehn Tagen; Trauben gut benetzen</p> <p><b>langfristig:</b></p> <p>Pflanze: Wuchs kontrollieren, Wahl einer geeigneten Unterlage</p> <p>Bodendüngung: harmonische N-, K- und Mg-Düngung</p> <p>Bodenpflege: Begrünung</p>	<p><b>kurzfristig:</b></p> <p>Pflanze: Beschränkung der Belastung durch Traubenteile (bei anfälligen Sorten)</p> <p><b>langfristig:</b></p> <p>Pflanze: Ertrag beschränken, Anpassung des Blatt/Frucht-Verhältnisses, Wahl einer geeigneten Unterlage</p> <p>Bodendüngung: angepasste N-Düngung</p> <p>Wasserversorgung: angepasste Bewässerung</p>

## 4. Düngungspraxis

### 4.1 Stickstoffdüngung

Für N wird keine Düngung bei einer Remontierung empfohlen, da die jungen Reben keine N-Düngung benötigen. Die N-Düngung ist der Entwicklung der Rebe anzupassen.

Jede Veränderung der N-Düngung oder der Bodenpflege muss auf der Beobachtung der Rebe beruhen (Tabelle 7), allenfalls ergänzt durch zusätzliche Untersuchungen (Blattanalyse, assimilierbarer N im Traubenmost).

In einer ausgewogenen Situation kann die Düngungspraxis und Bodenpflege der Vorjahre fortgesetzt werden. Wegen des starken Einflusses des Klimas auf die N-Versorgung der Rebe ist es angezeigt, die Beurteilung aus zwei bis drei Jahren zu berücksichtigen.

Im Falle eines Nährstoffungleichgewichts (Mangel oder Überschuss) lassen sich mit Hilfe von Tabelle 8 mögliche Ursachen und geeignete Abhilfemassnahmen finden. Die aktuellen Düngungsempfehlungen liegen bei 0 bis 50 N kg/ha.

Nur in begründeten Ausnahmefällen ist eine höhere N-Düngung gerechtfertigt. Wenn die Rebe auf eine Änderung der N-Düngung in diesem empfohlenen Bereich nicht angemessen reagiert, sollten andere Kulturmassnahmen oder bei einer Remontierung die Unterlage und Sorte überprüft werden.

Wegen der Gefahr der Auswaschung ist es nicht sinnvoll, N zu früh auszubringen. Zu späte N-Gaben sollen andererseits ebenfalls vermieden werden, weil sich dadurch die Holzreife verzögert und die Anfälligkeit gegenüber Krankheiten (Botrytis) und physiologischen Störungen (Stiellähme) erhöht wird. Unter normalen Umständen soll die N-Düngung in Form von Ammoniumnitrat im 3- bis 5-Blatt-Stadium kurz vor dem ersten Absorptionsmaximum bei der Blüte ausgebracht werden. Der Ausbringungszeitpunkt kann aufgrund der folgenden Faktoren einfach verändert werden:

- Die N-Düngung soll in späten Lagen, kalten und nassen Jahren, auf sehr durchlässigem Boden und bei der Düngung in Form von Nitraten (zum Beispiel Calciumnitrat) später angesetzt werden.

Tabelle 7 | Beurteilung der Stickstoffernährung im Jahresverlauf.

Kriterien			Beurteilung		
			Überschuss	Gleichgewicht	Mangel
Basiskriterien: Beobachtung der Pflanze	Wuchs:	Grösse der Schosse und Blätter, Länge der Internodien	gross	normal	klein
	Blattfarbe:	Blattfarbe (beim Weichwerden), Chlorophyll-Index der Blätter (N-Tester) beim Weichwerden	dunkelgrün, Index N-Tester hoch	normal, Index N-Tester normal	blassgrün, Index N-Tester niedrig
	Anfälligkeit gegenüber:	Fäulnis, Verrieseln (wegen zu starkem Wuchs), Stiellähme	erhöht	–	–
Ergänzende Kriterien: analytische Werte	N-Gehalt (Blattanalyse) beim Weichwerden		erhöht	normal	gering
	Gehalt an assimilierbarem N des Mostes (weisse Sorten und rote Sorten für die Weiss-/Roséweinbereitung)		–	normal	gering

Tabelle 8 | Massnahmen für eine ausgewogene Stickstoffernährung.

Kriterien	Stickstoffüberschuss	Stickstoffmangel
Bodenpflege	Rebberg ganz oder teilweise begrünen, sofern es der Boden, das Klima und die Erziehungsform zulassen	Reduktion der begrüneten Fläche; Begrünung, die weniger um N konkurrenziert; Durchwurzelung fördern (Drainage, falls nötig Auflockerung)
Organische Substanz	bei zu hohem Gehalt: keine Zufuhr organischer Substanz	bei ungenügendem Gehalt: Zufuhr organischer Substanz
Wasserhaushalt	zu viel Wasser: Bewässerung reduzieren; Rebberg ganz oder teilweise begrünen, sofern es der Boden, das Klima und die Erziehungsform zulassen	ausgeprägter Wassermangel: Bewässerung und Bodenpflege überprüfen
Wahl der Unterlage	bei der Remontierung eine schwächere Unterlage wählen	bei der Remontierung eine stärkere Unterlage wählen
Laubwand	auf ausgewogenes Blatt/Frucht-Verhältnis achten	bei einem Mangel an assimilierbarem N im Most: Höhe der Laubwand reduzieren, falls diese zu umfangreich ist
N-Düngung	N-Düngung reduzieren oder einstellen	N-Düngung erhöhen; N-Dünger auf den nicht begrüneten Unterstockbereich aufbringen; N-Blattdüngung zur Zeit des Weichwerdens (korrigiert hauptsächlich den Gehalt an assimilierbarem N im Most)



- Frühe N-Düngung wird empfohlen in frühen Lagen, bei trockener Witterung, bei wenig durchlässigem Boden und bei der ausschliesslichen Düngung von Ammonium (zum Beispiel Ammoniumsulfat) oder Harnstoff.
- Eine Aufteilung der N-Düngung in mehrere Einzelgaben kann die N-Wirkung erhöhen und die Belastung der Umwelt mindern.
- In begrüntem Rebbergen kann die Beschränkung der N-Düngung auf den nicht begrüntem Unterstockbereich die Effizienz der N-Düngung steigern (Spring 2003); dadurch kann die Gesamtmenge an ausgebrachtem N ohne Einbusse vermindert werden.
- Organische N-Dünger können bereits im Herbst ausgebracht werden.

Wenn im Laufe des Sommers ein N-Mangel im Rebberg (gemäss den zuvor beschriebenen Kriterien) festgestellt wird oder klar vorhersehbar ist (ausgeprägter Wassermangel im Sommer, gegenüber N- und Wasserstress anfällige Parzelle), besteht die Möglichkeit einer späten Korrektur durch eine Düngung mit Blattharnstoff beim Farbumschlag der Beeren (Spring und Lorenzini 2006; Spring *et al.* 2015). Diese N-Gaben werden im Allgemeinen gut von der Pflanze verwertet und bewirken hauptsächlich eine Erhöhung der Konzentration des assimilierbaren N im Traubenmost. Diese Methode ist insbesondere bei weissen Rebsorten oder roten Rebsorten angezeigt, die zu Roséweinen gekeltert werden, da das Risiko von Qualitätsverlusten im Zusammenhang mit übermässigem N- und Wasserstress vermindert werden kann (aromatisch verfälschte, bittere und adstringierende Weine). Diese Methode darf einen optimalen Einsatz von geeigneten und auf die Boden- und Klimabedingungen der Parzelle abgestimmten Anbaumethoden (Bodenpflege, N-Düngung des Bodens) nicht ersetzen. Sie stellt vielmehr eine spät umsetzbare, effiziente Massnahme zur Korrektur des Gehalts an assimilierbarem N im Traubenmost dar, die aber nur im Notfall eingesetzt werden sollte (nachgewiesener oder sicher vorhersehbarer N-Mangel).

Diese Korrekturen beschränken sich im Allgemeinen auf eine Düngung mit insgesamt 10–20 kg N/ha, aufgeteilt in Gaben zu 5 kg N/ha im Abstand von 7–10 Tagen während des Zeitraums um den Farbumschlag der Beeren (im Allgemeinen im Monat August). Um die Aufnahme des Harnstoffs zu verbessern und das Risiko der Phytotoxizität (aufgrund von Biuret) zu reduzieren, sollten die N-Gaben vorzugsweise zu Beginn oder am Ende des Tages ausgebracht werden (tiefere Temperaturen und hohe Luftfeuchtigkeit), wobei das gesamte Blattwerk gut benetzt werden soll (Brühevolumen mindestens 200–400 l/ha, idealerweise 600–800 l/ha).

Je nach Rebsorte, Boden- und Klimabedingungen und Jahr kann das Ergebnis der Korrektur des Gehalts an assimilierbarem N im Traubenmost unterschiedlich ausfallen. Bei mehrjährigen Beobachtungen, die auf Versuchsflächen von Agroscope in Changins an verschiedenen weissen Rebsorten durchgeführt wurden, zeigte sich, dass pro Gabe von 5 kg N/ha in Form von Harnstoff beim Farbumschlag

der Beeren ein Zuwachs der Konzentration des assimilierbaren N um durchschnittlich 15 mg N/L erreicht wurde (entsprechend etwa einem Punkt beim Formol-Index).

## 4.2 Düngung mit Phosphor, Kalium, Magnesium und Bor

### 4.2.1 Vorratsdüngung mit P, K, Mg und B bei Neuanlagen

Weil die meisten Böden im Rebbaubereich genügend Nährstoffe aufweisen, stellt die Vorratsdüngung eine Ausnahme dar. Sie wird nur bei Böden empfohlen, bei denen mit klassischen Methoden (AAE10 und H<sub>2</sub>O10) eine mässige bis schlechte Versorgung mit K und eine schlechte Versorgung mit P nachgewiesen wurde. Die dabei verwendeten Düngermengen, die breitflächig ausgestreut und danach in den Boden eingearbeitet werden, sind bedeutend. Eine derartige, vor einer Neuanlage durchgeführte Vorratsdüngung belastet die Umwelt weniger als eine sehr hohe, auf die bepflanzte Bodenoberfläche ausgebrachte Düngung, die bei Mangelerscheinungen notwendig werden kann. Das Vorgehen ist je nach Nährstoff unterschiedlich.

Für **Phosphor** werden bei Böden mit Versorgungsklasse «arm» 90 kg P/ha (200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) für leichte Böden (< 10 % Ton) und 130 kg P/ha (300 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) für schwere Böden (> 30 % Ton) empfohlen.

Bei **Kalium** ist es erfahrungsgemäss ratsam, die Vorratsdüngung auf die Struktur des Bodens abzustimmen (Tabelle 9). Wie bereits oben erwähnt, ist es zwingend, den Dünger breitflächig zu streuen und in 40–60 cm Tiefe gleichmässig einzuarbeiten. Bei einer geringeren Einarbeitungstiefe wird die Ausbringungsmenge entsprechend korrigiert. Um Verbrennungen, insbesondere bei hohen Gaben, vorzubeugen, wird die Verwendung von Kaliumsulfat empfohlen.

**Magnesium** ist im Boden leicht auswaschbar und wird daher nicht in die Vorratsdüngung einbezogen. Erforderliche Korrekturen werden im Rahmen von jährlichen Unterhaltsdüngungen vorgenommen.

Eine Düngung mit **Bor** ist notwendig, wenn die vorhergehende Kultur einen B-Mangel aufwies oder die Bodenanalyse einen B-Mangel nachweist. Im Bedarfsfall sind 2–3 kg B/ha, gleichmässig verteilt auf der gesamten Fläche, ausreichend.

**Tabelle 9 | Empfohlene Kalium-Vorratsdüngung in kg K/ha (kg K<sub>2</sub>O/ha) nach Art und Versorgung des Bodens (bei einer Einarbeitungstiefe von 50 cm).**

Versorgung des Bodens	arm	mässig	ausreichend	Reserve
leichter Boden	500 (600)	350 (420)	0	0
mittlerer Boden	750 (900)	500 (600)	0	0
schwerer Boden	1000 (1200)	700 (840)	0	0

#### 4.2.2 Jährliche Unterhaltsdüngung mit P, K, Mg und B

Die vorliegenden Düngungsempfehlungen basieren auf einer umfassenden Studie von Löhnertz (1988), unter der Annahme, dass das Schnittholz in der Parzelle verbleibt. Sie berücksichtigen die Erträge gemäss den Richtlinien zur Weinklassifizierung (AOC, Landweine, Tafelweine), für Tafeltrauben und nach regionalen Besonderheiten (Tabelle 10).

Die Düngungsnorm für jeden Nährstoff entspricht der jährlich zu verabreichenden Düngermenge auf Böden mit einem als «genügend» beurteilten Nährstoffgehalt. Die Norm kann aufgrund der Bodenuntersuchung (mit den Analysemethoden AAE10 und H<sub>2</sub>O10) um –100 % bis +50 % korrigiert werden. Langfristiges Ziel ist die Erreichung einer als «genügend» eingestuften Nährstoffversorgung.

**Tabelle 10 | Empfohlene jährliche Düngermengen für Reben nach dem Ertrag (kg/ha/Jahr) bei einem ausreichenden Versorgungszustand des Bodens.**

Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	K (K <sub>2</sub> O)	Mg
0,8	10 (23)	45 (54)	25
1,0	10 (23)	55 (66)	25
1,2	12 (27)	65 (78)	25
1,6	12 (27)	75 (90)	25
2,0	15 (34)	85 (102)	25

Wenn die zu verabreichenden Mengen klein sind oder in organischer Form verabreicht werden, ist es möglich, **Phosphor** in einer einmaligen Gabe für vier bis sechs Jahre auszustreuen. Um oberflächlichen Austrag zu vermindern, sollten grössere Düngermengen in mineralischer Form oberflächlich eingearbeitet werden.

Bei Böden mit **Kalium**gehalten in den Versorgungsklassen «Vorrat» und «angereichert» wird auf eine K-Düngung verzichtet. Dagegen soll auf eine Mg-Düngung unterhalb der Norm wegen der Gefahr von Mangelerscheinungen und des K/Mg-Antagonismus nicht verzichtet werden, selbst wenn der Boden gemäss Bodenanalyse mit Mg angereichert ist.

Die Norm für **Magnesium** ist höher als der Nährstoffentzug, um damit der grossen Mobilität dieses Nährstoffes im Boden Rechnung zu tragen. Im Falle eines an K angereicherten Bodens (Antagonismus mit Mg) und bei Symptomen eines Mg-Mangels kann als Ergänzung zur Bodendüngung eine Mg-Blattdüngung empfohlen werden, um den Mangel kurzfristig zu korrigieren. Als langfristige Lösung muss aber vor allem die Wiederherstellung einer ausgewogenen K-Versorgung des Bodens angestrebt werden.

**Bor** ist für die Rebenentwicklung und insbesondere für die Befruchtung von Bedeutung. Mangel wie Überschuss können das Wachstum beeinträchtigen. Durch die Verwendung von B-Düngern oder von borhaltigen Mehrnährstoffdüngern kann einem Mangel leicht begegnet wer-

den. Wenn ein Boden zu wenig B enthält, ist eine Korrekturdüngung von je 2 kg B/ha in den ersten beiden Jahren nötig, danach für drei Jahre je 1 kg B/ha. Dann sollten neue Analysen durchgeführt werden. Bei genügend mit B versorgten Böden ist eine Unterhaltsdüngung mit 1 kg B/ha/Jahr möglich. Bei Böden mit Vorratsversorgung sollte keine B-Düngung bis zur nächsten Bodenuntersuchung erfolgen, ausser bei leichtem, kalkhaltigem oder bewässertem Boden. In diesen Fällen ist auf die B-Düngung während zwei Jahren zu verzichten. Für die folgenden Jahre wird eine Unterhaltsdüngung von 1 kg B/ha/Jahr empfohlen, und nach fünf Jahren sollte eine neue Bodenuntersuchung vorgenommen werden. Um B-Überdosierungen zu vermeiden ist auf eine gleichmässige Verteilung auf der ganzen Fläche und die strikte Einhaltung der empfohlenen Mengen zu achten. In Böden mit B-Überschüssen kann B dem Boden durch den Anbau von borbedürftigen Pflanzen, insbesondere Kruziferen, entzogen werden.

#### 4.3 Zufuhr organischer Substanz

Die Zufuhr von wenig verrottetem organischem Material kurz vor der Bodenbearbeitung kann zu Sauerstoffmangel der Wurzeln infolge Freisetzung von Gasen (CO<sub>2</sub>, Methan) führen. Wenn eine Erhöhung des Gehaltes an organischem Material unerlässlich erscheint, wird Mist oder Kompost ein oder zwei Jahre vor der Neuanlage oder aber erst im zweiten Jahr ausgebracht. Sind grosse Mengen an Bodenverbesserungsmitteln notwendig, darf die darin enthaltene Menge an Nährstoffen die Düngungsnorm überschreiten.

#### 4.4 Düngung von Jungreben

Bei einer als «genügend» beurteilten Nährstoffversorgung oder wenn eine erforderliche Vorratsdüngung vor der Bepflanzung erfolgte, kann in den ersten beiden Jahren auf die Düngung von P, K und Mg ganz verzichtet werden. Die jährliche Unterhaltsdüngung erfolgt ab dem dritten Standjahr.

#### 4.5 Blattdüngung

Eine ausgewogene Ernährung der Reben muss in erster Linie durch eine sorgfältige Erhaltung eines guten Versorgungszustands des Bodens (Bodenanalyse und angepasster Düngungsplan), durch die Wahl des Pflanzmaterials (Unterlage) und durch eine Bodenpflege, die auf die Klima- und Bodenbedingungen des Standorts abgestimmt ist, sichergestellt werden. Ergänzende Blattdüngungen können jedoch in bestimmten Situationen angebracht sein: bei einem festgestellten Mangel (Tabelle 6), der das Wachstum, den Fruchtansatz oder auch qualitative Aspekte beeinträchtigt. Pflanzen nehmen im Allgemeinen über das Blatt verabreichte Nährstoffe effizient auf. Die Aufnahme hängt jedoch von verschiedenen Faktoren ab:

- Eine ausreichend entwickelte Blattoberfläche: Blattdüngung im Allgemeinen nicht vor Mitte bis Ende Mai und nicht nach Ende August (der Zeitpunkt hängt von der Art des Mangels ab); eine Düngung während der Blüte

soll vermieden werden (Risiko einer Störung der Befruchtung). Die Aufnahme geht im Allgemeinen mit der Alterung der Blätter zurück.

- Die Aufnahme begünstigende Anwendungsbedingungen: Ausbringung vorzugsweise zu Beginn oder am Ende des Tages (höhere Luftfeuchtigkeit) mit guter Benetzung des gesamten Blattwerks (Brühevolumen mindestens 200–400 l/ha, bei vollständig entwickelter Vegetation idealerweise 600–800 l/ha). Zu tiefe oder zu hohe Temperaturen (zu schnelles Abtrocknen) sind zu vermeiden (Optimum bei rund 20 °C).
- Ein angepasster pH-Wert der Behandlungsbrühe (Optimum bei rund pH 6,5).
- Im Allgemeinen erfolgen die Blattdüngungen separat. Mischungen mit anderen Produkten sind nur bei ausdrücklichem Hinweis des Herstellers angebracht.
- Maximalkonzentrationen von Nährstoffen sind gemäss den Angaben des Herstellers einzuhalten (Risiko einer Phytotoxizität: übermässige Gaben, insbesondere von bestimmten Spurenelementen, können ähnliche Symptome wie ein Mangel hervorrufen).

Für Blattdüngungen gelten spezifische Indikationen, die mit der Problematik des betreffenden Nährstoffs zusammenhängen.

### Stickstoff

Ziel der N-Blattdüngung ist in erster Linie die Korrektur der Konzentrationen des assimilierbaren N im Traubenmost durch die späte Gabe von Harnstoff (etwa zum Zeitpunkt des Farbumschlags der Beeren) in Situationen mit absehbarem Mangel. Diese Möglichkeit wird in Kapitel 4.1 detailliert beschrieben.

### Kalium

Ein K-Mangel kann hauptsächlich bei der Neuanlage eines Rebbergs auf kaliumarmem Boden oder bei ungenügender Kaliumdüngung über mehrere Jahre ohne Nachverfolgung auftreten (insbesondere auf sandigem Boden mit geringem Rückhaltevermögen). Die Korrektur erfolgt in erster Linie mit Bodendüngungen, die allerdings manchmal hoch sein müssen und wegen der geringen Mobilität dieses Elements im Boden den Wurzeln der Kultur nicht sofort zur Verfügung stehen (Kapitel 4.2.1 und Tabelle 6). Parallel zu den Korrekturen mit Bodendüngung kann je nach der Schwere der Mangelsymptome vorübergehend zusätzlich eine Blattdüngung angezeigt sein. Man setzt im Allgemeinen Kaliumsulfat in mehreren Gaben ein (bis zu fünf bis sechs Anwendungen in schweren Fällen). Auch die Verwendung von Kaliumnitrat ist möglich, aber wegen des zusätzlichen Eintrags von N oft ungeeignet. Diese Anwendungen weisen nur eine auf die Vegetationsperiode begrenzte Teilwirkung auf.

### Magnesium

Unter den üblichen Bedingungen im Schweizer Weinbau ist Mg-Mangel sehr selten primär durch einen Mangel an diesem Element im Boden hervorgerufen, sondern in der Regel durch eine Überversorgung des Bodens mit K verur-

sacht (Antagonismus; Tabelle 6). Ein Ungleichgewicht bei der Versorgung mit Mg spielt eine zentrale Rolle beim Auftreten der Stielähme. Die Versorgung mit Mg ist insbesondere für die jungen Reben wichtig (deren Wurzeln sich im kaliumreichen oberflächlichen Bodenhorizont befinden), bei feuchten Boden- und Klimabedingungen oder bei der Wahl einer Unterlage (SO4, 125 AA, 5BB, 5C, 8B), die hinsichtlich der Mg-Aufnahme ungünstig ist. Die mittel- und langfristige Wiederherstellung einer ausgeglichenen Versorgung mit K muss Vorrang haben. Bei Böden mit hoher Austauschkapazität kann diese Wiederherstellung allerdings viele Jahre in Anspruch nehmen, und in dieser Zeit bleibt das Risiko eines induzierten Mg-Mangels relativ hoch.

In Rebbergen, in denen regelmässig ausgeprägte Symptome eines Mg-Mangels beobachtet werden, können wiederholte Blattdüngungen angezeigt sein. Im Allgemeinen wird hydratisiertes Magnesiumsulfat eingesetzt (drei bis vier Mal im Verlauf der Vegetationsperiode). Für ein Brühevolumen von 600–800 l/ha beträgt die übliche Konzentration 2 %. Bei der Verwendung einer Mischung mit anderen Wirkstoffen wird eine einprozentige Konzentration empfohlen, um unerwünschte Wechselwirkungen zu vermeiden. Es sind im Handel verschiedene Produkte (Salze, Chelate) erhältlich, deshalb sind die Gebrauchsanweisungen des Herstellers zu beachten.

Mit der gezielten Anwendung der Trauben kann das Risiko des Auftretens der Stielähme reduziert werden. Diese Anwendung ist jedoch für Parzellen mit Mg-Mangel sowie für Situationen und Rebsorten vorbehalten, bei denen diese physiologische Störung wiederholt auftritt. Bei der Anwendung von 18–20 kg/ha hydratisiertem Magnesiumsulfat (9,8 %) sollten die Traubengerüste gut benetzt werden. Dazu wird ein Brühevolumen von 600–800 l/ha in der Traubenzone ausgebracht, ein erstes Mal zu Beginn des Farbumschlages der Beeren, dann zehn Tage später.

### Bor

Zu einem B-Mangel (Tabelle 6) kann es in erster Linie bei leichten, bewässerten Böden mit hohem pH-Wert kommen, die arm an organischer Substanz sind. Wegen der hohen Mobilität dieses Elements profitiert die Pflanze schnell von Korrekturen, die durch Bodendüngung vorgenommen werden (Kapitel 4.2.2), wobei in Trockenperioden eine Bewässerung erforderlich ist. Eine Korrektur durch Blattdüngung ist nur in bestimmten, schweren Fällen angebracht. Die Blattdüngung erfolgt mittels Borsäure (bei einer Konzentration von 0,2 %, d. h. 200 g pro 100 l Brühe) oder Natriumperborat (bei einer Konzentration von 0,2 %, d. h. 200 g pro 100 l Brühe), wobei zwei bis drei Anwendungen vor der Blüte möglich sind. Eine Überdosierung muss unbedingt vermieden werden, weil ein B-Überschuss dieselben Symptome wie ein Mangel zur Folge hat.

### Eisen

Ein Fe-Mangel hängt meist mit einer mangelnden Aufnahme von Fe durch die jungen, im Frühling gebildeten Wurzeln zusammen. In der Schweiz ist ein Fe-Mangel praktisch nie auf unzureichende Fe-Mengen im Boden zurück-



zuführen. Art und Ausprägung der Symptome hängen mit vielfältigen Faktoren zusammen. Die Art des Bodens (stark kalkhaltige Böden, hoher pH-Wert), das Klima (feuchter und kalter Frühling, Staunässe) oder auch unzureichende Stärkereserven im Rebstock (Blatt/Frucht-Verhältnis und Witterung des Vorjahres) beeinflussen die Fe-Aufnahme ebenso wie die Unterlage (Tabelle 6). Die Bekämpfung einer Eisenchlorose muss sich in erster Linie an einer Beeinflussung dieser Faktoren orientieren: Wahl der Unterlage, Bodenpflege und Ernteregulierung. Korrekturen durch Boden- oder Blattdüngung mit Fe-Salzen oder -Chelaten haben eine zufällige und oft nur vorübergehende Wirkung.

### Zink

Ein Zn-Mangel tritt bei Reben äusserst selten auf (Tabelle 6). In der Schweiz kann es allenfalls auf sauren, zinkarmen Böden nach Aufkalkungen oder bedeutenden P-Düngungen zu Zn-Mangel kommen. Der Mangel kann mit drei Blattdüngungen im Abstand von acht Tagen mit Zinksulfat, einem Zinkchelat oder einem zinkhaltigen Fungizid (z. B. Mancozeb) behandelt werden. Diese Fungizide gehören zur Familie der Dithiocarbamate und es bestehen Anwendungseinschränkungen bei der Integrierten Produktion (Toxizität gegenüber Raubmilben).

### Mangan

Mn-Mangel wird in der Schweiz ziemlich selten beobachtet. Er kann punktuell bei kalkreichen oder stark aufgekalkten Böden und Böden mit hohem Gehalt an organischer Substanz auftreten. Vor einigen Jahren war dieser Mangel noch seltener als heute wegen der früher verbreiteten Anwendung der manganhaltigen Fungizide aus der Familie der Dithiocarbamate (wie Mancozeb), deren Verwendung in der Integrierten Produktion inzwischen drastisch eingeschränkt wurde. Eine Korrektur durch eine Bodendüngung mit Mn ist wenig effizient. Blattdüngungen mit Mangansulfat (zwei bis vier Behandlungen vor und nach der Blüte) sind wirksam, müssen allerdings oft über mehrere Jahre erfolgen.

## 5. Literatur

- Aerny J., 1996. Composés azotés des moûts et des vins. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 28 (3), 161–165.
- Lönhertz O., 1988. Untersuchungen zum zeitlichen Verlauf der Nährstoffaufnahme bei *Vitis vinifera* (cv. Riesling). Dissertation, Universität Giessen. 228 S.
- Maigre D., Aerny J. & Murisier F., 1995. Entretien des sols viticoles et qualité des vins de Chasselas: influence de l'enherbement permanent et de la fumure azotée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 27 (4), 237–251.
- Spring J.-L. & Jelmini G., 2002. Nutrition azotée de la vigne: intérêt de la détermination de l'indice chlorophyllien pour les cépages Chasselas, Pinot noir et Gamay. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 34 (1), 27–29.
- Spring J.-L., 2003. Localisation de la fumure azotée sur l'intercep en vignes enherbées. Résultats d'un essai sur Chasselas dans le bassin lémanique. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 35 (2), 113–119.
- Spring J.-L. & Lorenzini, F., 2006. Effet de la pulvérisation foliaire d'urée sur l'alimentation azotée et la qualité du Chasselas en vigne enherbée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 38 (2), 105–113.
- Spring J.-L., Verdenal T., Zufferey V. & Viret O., 2015. Fumure azotée en viticulture: influence de la période d'application. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 47 (3), 178–183.

## 6. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1   Resistenz gegenüber Eisenchlorose in Abhängigkeit des Gehalts des Bodens an Gesamtkalk und an Aktivkalk. ....	12/4
Tabelle 2   Referenzwerte (in % der Trockenmasse) für die Blattanalyse im Weinbau zu Beginn des Weichwerdens. ....	12/4
Tabelle 3   Beurteilung des Chlorophyllindex der Blätter zum Zeitpunkt des Weichwerdens gemessen mit dem N-Tester an voll entwickelten Blättern in der Traubenzone. ....	12/5
Tabelle 4   Schwellenwerte für die Anfälligkeit von Chasselas gegenüber einem Mangel an assimilierbarem Stickstoff im Traubenmost. ....	12/5
Tabelle 5   Nährstoffaufnahme durch Riesling. Nährstoffentzug der Trauben korrigiert auf einen Ertrag von 1,2 kg/m <sup>2</sup> . ....	12/6
Tabelle 6   Wichtigste Nährstoff- und physiologische Störungen der Rebe. ....	12/7
Tabelle 7   Beurteilung der Stickstoffernährung der Rebe im Jahresverlauf. ....	12/11
Tabelle 8   Massnahmen für eine ausgewogene Stickstoffernährung der Rebe. ....	12/11
Tabelle 9   Empfohlene Kalium-Vorratsdüngung in kg K/ha (K <sub>2</sub> O/ha) nach Art und Versorgung des Bodens (bei einer Einarbeitungstiefe von 50 cm). ....	12/12
Tabelle 10   Empfohlene jährliche Nährstoffgaben für Reben gemäss dem Ertrag (kg/ha/Jahr) bei einem ausreichenden Versorgungszustand des Bodens. ....	12/13

## 7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1   Intensität der Stickstoffaufnahme der Rebe im Verlauf der Vegetationsperiode (Schnittholz, Blätter, Trauben). ....	12/6
--	------